

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takeshi YAGI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/627,730

EXAMINER:

FILED: July 28, 2003

FOR: DISPERSION-COMPENSATING MODULE, AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME

## REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☒ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| <u>Application No.</u> | <u>Date Filed</u> |
| 60/398,569             | July 26, 2002     |
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-263227	September 9, 2002
JAPAN	2003-164285	June 9, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Bradley D. Lytle

Registration No. 40,073

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    9 月    9 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 6 3 2 2 7  
Application Number:

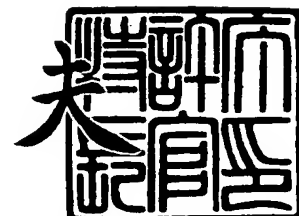
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 2 - 2 6 3 2 2 7 ]

出      願      人                      古河電気工業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月    8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 A20293

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/24  
G02B 26/02  
G02F 1/01

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 八木 健

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【パリ条約による優先権等の主張】

【国名】 アメリカ合衆国

【出願日】 2002年 7月26日

【出願番号】 60/398,569

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 伝送用光ファイバに累積される信号波長帯の分散および分散スロープを補償する少なくとも 2 本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、

分散値  $D_1$  [ $p \text{ s} / n \text{ m} / k \text{ m}$ ] および分散スロープ  $S_1$  [ $p \text{ s} / n \text{ m}^2 / k \text{ m}$ ] を有する第 1 の分散補償ファイバと、

前記第 1 の分散補償ファイバが有する分散値  $D_1$  および分散スロープ  $S_1$  とそれぞれ異なる分散値  $D_2$  [ $p \text{ s} / n \text{ m} / k \text{ m}$ ] および分散スロープ  $S_2$  [ $p \text{ s} / n \text{ m}^2 / k \text{ m}$ ] を有する第 2 の分散補償ファイバと、

前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバを直列に接続する接続手段と、  
を備えたことを特徴とする分散補償モジュール。

【請求項 2】 少なくとも前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバは、1 体のボビンに巻き付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 3】 少なくとも前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバを 1 体のボビンに巻き付ける場合、所定の信号波長帯の最も長波長における曲げ損失が小さい分散補償ファイバから順次巻き付けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 4】 前記接続手段は、融着接続されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 5】 前記接続手段は、保護手段によって被覆されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 6】 前記保護手段は、UV 硬化樹脂であることを特徴とする請求項 5 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 7】 信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散値を  $D_t$  [ $p \text{ s} / n \text{ m} / k \text{ m}$ ] とした場合、 $D_t \leq -20$  の条件を満足す

ることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 8】 信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散スロープを  $S_t$  [ $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ] とし、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープをそれぞれ  $D_0$  [ $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ]、 $S_0$  [ $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ] とした場合、 $0.9 \times (D_0/S_0) \leq D_t/S_t \leq 1.1 \times (D_0/S_0)$  の関係が成立することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 9】 前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方は、負の分散値および負の分散スロープを有することを特徴とする請求項 1～8 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 10】 前記第 1 の分散補償ファイバの分散値  $D_1$  および分散スロープ  $S_1$ 、ならびに前記第 2 の分散補償ファイバの分散値  $D_2$  および分散スロープ  $S_2$  は全て負の値であり、また、前記第 1 の分散補償ファイバにおける分散値および分散スロープの比  $D_1/S_1$ 、前記第 2 の分散補償ファイバの分散値および分散スロープの比  $D_2/S_2$ 、ならびに、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープの比  $D_0/S_0$  の間には、 $0.8 \times (D_0/S_0) \leq D_1/S_1 < D_0/S_0$ 、かつ、 $D_0/S_0 < D_2/S_2 \leq 1.2 \times (D_0/S_0)$  の関係が成立することを特徴とする請求項 1～9 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 11】 当該分散補償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が  $0.5 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$  以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が  $0.01 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  以下であることを特徴とする請求項 1～10 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 12】 前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方がラマン増幅媒体として機能することを特徴とする請求項 1～11 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 13】 前記信号波長帯域が、Cバンド ( $1530 \text{ nm} \sim 1565 \text{ nm}$ )、Lバンド ( $1565 \text{ nm} \sim 1625 \text{ nm}$ )、またはSバンド ( $1460 \text{ nm} \sim 1530 \text{ nm}$ ) から選択された任意の信号波長帯域であることを特徴とす

る請求項 1～12 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、波長分割多重伝送（WDM伝送）の伝送路として用いる光ファイバに接続することによって、WDM伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する分散補償モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、WDM伝送の伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する分散補償モジュールは、たとえばCバンド（1530～1565 nm）、Lバンド（1565～1625 nm）、またはSバンド（1460 nm～1530 nm）等の特定の信号波長帯域に対して最適な分散補償特性を呈する一種類の分散補償ファイバによって構成されている。

【0003】

たとえば、1290 nm～1330 nmの範囲の波長における低分散動作に対して最適化されている光ファイバの分散を補償するための分散補償モジュールは、波長1550 nmにおいて $-65.5 \text{ ps/nm/km}$ の分散を呈する一種類の分散補償ファイバによって構成されている（たとえば、特許文献1参照。）。

【0004】

【特許文献1】

特開平6-11620号公報（第14-15頁、第14図）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、伝送速度の高速化が進むWDM伝送において、一種類の分散補償ファイバによって構成された分散補償モジュールを用いて伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する場合、高速化WDM伝送の伝送路として許容可能な残留波長分散の範囲、すなわち分散トレランスを超える残留波長分散のばらつきが生じるという問題点がある。なお、この分散トレランスを超える残留波

長分散のばらつきは、WDM伝送における光波形劣化に起因する符号間干渉による誤動作を引き起こす原因であり、かつ、WDM伝送における伝送速度の高速化を制限する原因である。

#### 【0006】

この発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、分散補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制し、高速化されたWDM伝送における伝送路の分散補償を実現する分散補償モジュールを提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1の発明にかかる分散補償モジュールは、伝送用光ファイバに累積される信号波長帯の分散および分散スロープを補償する少なくとも2本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、分散値 $D_1$  [ $\text{ps/nm/km}$ ] および分散スロープ $S_1$  [ $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ] を有する第1の分散補償ファイバと、前記第1の分散補償ファイバが有する分散値 $D_1$  および分散スロープ $S_1$  とそれぞれ異なる分散値 $D_2$  [ $\text{ps/nm/km}$ ] および分散スロープ $S_2$  [ $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ] を有する第2の分散補償ファイバと、前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバを直列に接続する接続手段を備えたことを特徴とする。

#### 【0008】

この請求項1の発明によれば、WDM伝送の伝送路における累積分散および累積分散スロープを確実に補償し、かつ、分散補償後の伝送路に残留する波長分散の値のばらつきを抑制することによって高速化WDM伝送の伝送路に要求される波長分散の許容範囲を満足する分散補償モジュールを実現できる。

#### 【0009】

また、請求項2の発明にかかる分散補償モジュールは、少なくとも前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバが1体のボビンに巻き付けられていることを特徴とする。

#### 【0010】



この請求項2の発明によれば、モジュール全体の規模を小型化することが可能であり、端局における収納性を向上した分散補償モジュールを実現できる。

【0011】

また、請求項3の発明にかかる分散補償モジュールは、少なくとも前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバを1体のボビンに巻き付ける場合、所定の信号波長帯の最も長波長における曲げ損失が小さい分散補償ファイバから順次巻き付けられていることを特徴とする。

【0012】

この請求項3の発明によれば、分散補償ファイバをボビンに巻き付けることによって生じる曲げ損失を最小限とし、分散補償モジュール全体としての光損失の増加を抑制することができる。

【0013】

また、請求項4の発明にかかる分散補償モジュールは、前記接続手段が融着接続されていることを特徴とする。

【0014】

この請求項4の発明によれば、分散補償ファイバ同士を接続することによって生じる接続損失を最小限とし、分散補償モジュール全体としての接続損失の増加を抑制することができる。

【0015】

また、請求項5の発明にかかる分散補償モジュールは、前記接続手段が保護手段によって被覆されていることを特徴とする。

【0016】

この請求項5の発明によれば、傷または湿気による強度劣化を防止し、かつ、モジュール化における取り扱いに対して十分な強度耐性を有する分散補償ファイバを実現できる。

【0017】

また、請求項6の発明にかかる分散補償モジュールは、前記保護手段がUV硬化樹脂であることを特徴とする。

【0018】

この請求項 6 の発明によれば、1 体のボビンに巻き込まれる分散補償ファイバの構造を最適なものにすることができる。

【0019】

また、請求項 7 の発明にかかる分散補償モジュールは、信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散値を  $D_t$  [ $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ] とした場合、 $D_t \leq -20$  の条件を満足することを特徴とする。

【0020】

この請求項 7 の発明によれば、所定の信号波長帯域における分散補償モジュールの分散値を最適値に設定している。

【0021】

また、請求項 8 の発明にかかる分散補償モジュールは、信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散スロープを  $S_t$  [ $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ] とし、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープをそれぞれ  $D_0$  [ $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ]、 $S_0$  [ $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ] とした場合、 $0.9 \times (D_0/S_0) \leq D_t/S_t \leq 1.1 \times (D_0/S_0)$  の関係が成立することを特徴とする。

【0022】

この請求項 8 の発明によれば、所定の信号波長帯域における伝送用光ファイバおよび分散補償ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

【0023】

また、請求項 9 の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方は、負の分散値および負の分散スロープを有することを特徴とする。

【0024】

この請求項 9 の発明によれば、分散補償モジュールを構成する分散補償ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

【0025】

また、請求項 10 の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第 1 の分散補償ファイバの分散値  $D_1$  および分散スロープ  $S_1$ 、ならびに前記第 2 の分散補償フ

ファイバの分散値  $D_2$  および分散スロープ  $S_2$  が全て負の値であり、また、前記第 1 の分散補償ファイバにおける分散値および分散スロープの比  $D_1/S_1$ 、前記第 2 の分散補償ファイバの分散値および分散スロープの比  $D_2/S_2$ 、ならびに、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープの比  $D_0/S_0$  の間に、 $0.8 \times (D_0/S_0) \leq D_1/S_1 < D_0/S_0$ 、かつ、 $D_0/S_0 < D_2/S_2 \leq 1.2 \times (D_0/S_0)$  の関係が成立することを特徴とする。

#### 【0026】

この請求項 10 の発明によれば、直列に接続された 2 本の分散補償ファイバおよび伝送用光ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

#### 【0027】

また、請求項 11 の発明にかかる分散補償モジュールは、当該分散補償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が  $0.5 \text{ ps/nm/km}$  以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が  $0.01 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  以下であることを特徴とする。

#### 【0028】

この請求項 11 の発明によれば、伝送用光ファイバの残留分散値および残留分散スロープの絶対値を可能な限り小さく抑え、高速化された WDM 伝送における伝送品質の劣化を抑制するモジュールとして適したものとしている。

#### 【0029】

また、請求項 12 の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方がラマン増幅媒体として機能することを特徴とする。

#### 【0030】

この請求項 12 の発明によれば、ラマン増幅媒体として新規に光ファイバを接続することなく、所定の信号波長帯域の光伝送におけるラマン増幅を確実に実行する分散補償モジュールを実現できる。

#### 【0031】

また、請求項 13 の発明にかかる分散補償モジュールは、前記信号波長帯域が、C バンド ( $1530 \text{ nm} \sim 1565 \text{ nm}$ )、L バンド ( $1565 \text{ nm} \sim 162$

5 nm)、またはSバンド(1460 nm~1530 nm)から選択された任意の信号波長帯域であることを特徴とする。

#### 【0032】

この請求項13の発明によれば、Sバンド、Cバンド、およびLバンドに亘る1460 nm~1625 nmの全波長帯域における高速化WDM伝送に適した分散補償モジュールを実現できる。

#### 【0033】

ここで、この発明で述べるS-バンド、C-バンド、およびL-バンドとは、ITU-T(国際電気通信連合)が定めた光波長帯域の定義に基づく帯域名である。

#### 【0034】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明の実施の形態である分散補償モジュールについて説明する。

#### 【0035】

図1は、この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュール10の全体構成を示す模式図である。図1において、分散補償モジュール10は、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12、ならびに、ボビン14およびボビン15、さらに接続部13によって構成されている。また、分散補償モジュール10の端部は、接続部16を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されており、さらにもう一方の端部は、接続部17を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されている。

#### 【0036】

分散補償ファイバ11は、分散値 $D_1$  [ps/nm/km] および分散スロープ $S_1$  [ps/nm<sup>2</sup>/km] を有しており、ボビン14に巻き付けられている。また、分散補償ファイバ11の端部は接続部13を介して分散補償ファイバ12と直列に融着接続され、さらに、もう一方の端部は接続部16を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されている。

#### 【0037】

分散補償ファイバ12は、分散値 $D2$  [ $\text{ps/nm/km}$ ] および分散スロープ $S2$  [ $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ] を有しており、ボビン15に巻き付けられている。ここで、分散補償ファイバ12の分散値 $D2$ および分散スロープ $S2$ は、分散補償ファイバ11の分散値 $D1$ および分散スロープ $S1$ とそれぞれ異なる値であり、所定の信号波長帯域における最長波長において $D1/S1 \leq D2/S2$ の関係が成立する。また、分散補償ファイバ12の端部は接続部13を介して分散補償ファイバ11と直列に融着接続され、さらに、もう一方の端部は接続部17を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されている。

#### 【0038】

つぎに、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12を直列に融着接続する接続部13の構成について、図2を参照して詳細に説明する。図2は、接続部13の構成を示す縦断面図である。

#### 【0039】

図2において、分散補償ファイバ11のガラス層131および分散補償ファイバ12のガラス層132は、接触面C1を境界に直接融着接続されている。ガラス層131の融着接続部付近以外はUV硬化樹脂による被覆膜133によって保護され、また、ガラス層132の融着接続部付近以外はUV硬化樹脂による被膜134によって保護されており、さらに、この融着接続部付近はUV硬化樹脂による被覆膜135によって保護されている。また、被覆膜133～134の外径は $R1$ であり、被覆膜135の外径は $R2$ である。

#### 【0040】

なお、この発明の実施の形態の変形例として、ボビン14およびボビン15を1体化した構造を有する分散補償モジュール20がある。分散補償モジュール20の構成について、図3を参照して詳細に説明する。

#### 【0041】

図3は、分散補償モジュール20の全体構成を示す模式図である。図3において、分散補償モジュール20は、分散補償ファイバ11、分散補償ファイバ12、および、ボビン21、さらに接続部13によって構成されている。また、分散補償モジュール20の端部は、接続部16を介して伝送用光ファイバ18と直列

にコネクタ接続されており、さらにもう一方の端部は、接続部 17 を介して伝送用光ファイバ 18 と直列にコネクタ接続されている。

#### 【0042】

接続部 13 を介して直列に融着接続された分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 は、1 体のボビン 21 に巻き付けられている。なお、分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 がボビン 21 に巻き付けられる場合、分散補償ファイバ 11 における分散値  $D_1$  の分散スロープ  $S_1$  に対する比  $D_1/S_1$ 、および、分散補償ファイバ 12 における分散値  $D_2$  の分散スロープ  $S_2$  に対する比  $D_2/S_2$  を比較して大きい値を有する分散補償ファイバ 12 から順次巻き付けられることが望ましい。

#### 【0043】

また、図 2 に示した接続部 13 における被覆膜 133、被覆膜 134、および被覆膜 135 の材質は同一であることが望ましく、さらに被覆膜 133 および被覆膜 134 の外径  $R_1$ 、ならびに被覆膜 135 の外径  $R_2$  の差は、可能な限り零に近似であることが望ましい。

#### 【0044】

つぎに、分散補償モジュール 10 による伝送用光ファイバ 18 における分散および分散スロープの補償について、図 4 を参照して詳細に説明する。

#### 【0045】

図 4 は、伝送用光ファイバ 18、分散補償ファイバ 11、および分散補償ファイバ 12 が有する波長分散特性を示す波長対分散の相関図であり、相関曲線  $L_1 \sim L_3$  は、それぞれ伝送用光ファイバ 18、分散補償ファイバ 11、および分散補償ファイバ 12 に対応している。ただし、相関曲線  $L_2$  および相関曲線  $L_3$  は、1460 nm～1625 nm の範囲の波長帯域における波長分散特性のみを図示する。

#### 【0046】

また、図 5 は、分散補償ファイバ 11 による補償後の伝送用光ファイバ 18 の波長分散特性を示す波長対分散の相関図であり、1460 nm～1625 nm の範囲の波長帯域における波長分散特性のみを図示する。

## 【0047】

図5において、相関曲線L4は、分散補償ファイバ11による補償後の伝送用光ファイバ18の波長分散特性を示しており、その波長分散特性は、2本の破線で挟まれた幅 $\Delta a$ の範囲のばらつきを有する。すなわち、分散補償ファイバ11のみを用いて伝送用光ファイバ18の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ18における波長分散特性は、ばらつき $\Delta a$ を有する。

## 【0048】

また、図6は、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12によって構成された分散補償モジュール10による補償後の伝送用光ファイバ18の波長分散特性を示す波長対分散の相関図である。

## 【0049】

図6において、相関曲線L5は、分散補償ファイバ12による補償後の伝送用光ファイバ18の波長分散特性を示しており、その波長分散特性は、2本の破線で挟まれた幅 $\Delta b$ の範囲のばらつきを有する。すなわち、分散補償ファイバ12のみを用いて伝送用光ファイバ18の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ18における波長分散特性は、ばらつき $\Delta b$ を有する。

## 【0050】

ただし、分散補償モジュール10を用いて伝送用光ファイバ18の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ18における波長分散特性を示す相関曲線は、相関曲線L4のばらつき $\Delta a$ および相関曲線L5のばらつき $\Delta b$ の交差する範囲をばらつきとする。すなわち、分散補償モジュール10による補償後の伝送用光ファイバ18における波長分散特性は、ばらつき $\Delta c$ を有する。

## 【0051】

ここで、上述した波長分散特性のばらつき $\Delta a \sim \Delta c$ において、ばらつき $\Delta a$ および、ばらつき $\Delta b$ は近似の関係であり、また、ばらつき $\Delta c$ は、ばらつき $\Delta a$ あるいは、ばらつき $\Delta b$ よりも小さい値である。したがって、分散補償ファイ

バ 1 1 および分散補償ファイバ 1 2 によって構成された分散補償モジュール 1 0 による伝送用光ファイバ 1 8 の分散および分散スロープを補償する能力は、分散補償ファイバ 1 1 のみ、または分散補償ファイバ 1 2 のみによって分散補償する場合と比較して、一層高性能化されている。

#### 【0052】

なお、上述した分散補償モジュール 1 0 による伝送用光ファイバ 1 8 に対する分散補償能力は、分散補償モジュール 1 0 の変形例である分散補償モジュール 2 0 においても同様である。

#### 【0053】

つぎに、分散補償モジュール 2 0 による伝送用光ファイバ 1 8 の分散補償の具体例について、図 7 を参照して詳細に説明する。

#### 【0054】

図 7 (a) は、波長分散特性シミュレーションにおけるパラメータを示しており、図 7 (b) は、分散補償モジュール 2 0 による分散補償後の伝送用光ファイバ 1 8 における波長分散特性のシミュレーション結果を示している。ただし、図 7 (a) におけるファイバ番号 # 1 ~ # 3 は、伝送用光ファイバ 1 8、分散補償ファイバ 1 1、および分散補償ファイバ 1 2 にそれぞれ対応しており、また、評価試験番号 # 1 は、分散補償モジュール 2 0 による分散補償後の伝送用光ファイバ 1 8 の波長分散特性シミュレーション結果に対応している。なお、このシミュレーションにおいて、信号波長帯域は C バンド (1530 nm ~ 1565 nm) である。

#### 【0055】

図 7 において、伝送用光ファイバ 1 8 の波長 1550 nm における分散値  $D_0$  および分散スロープ  $S_0$  は、それぞれ  $5.0 \text{ ps/nm/km}$ 、 $0.045 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  であり、条長は 80.0 km である。なお、分散値  $D_0$  の分散スロープ  $S_0$  に対する比  $D_0/S_0$  は 111.1 である。

#### 【0056】

また、分散補償ファイバ 1 1 の波長 1550 nm における分散値  $D_1$  および分散スロープ  $S_1$  は、それぞれ  $-95.0 \text{ ps/nm/km}$ 、 $-1.00 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  である。



$\text{m}^2/\text{km}$ であり、条長は3.6 kmである。なお、分散値D1の分散スロープS1に対する比D1/S1は95.0である。

#### 【0057】

さらに、分散補償ファイバ12の波長1550 nmにおける分散値D2および分散スロープS2は、それぞれ $-120 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、 $-0.90 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、条長は0.6 kmである。なお、分散値D2の分散スロープS2に対する比D2/S2は133.3である。

#### 【0058】

ここで、この伝送用光ファイバ18のCバンドにおける波長分散を確実に補償するためには、分散補償ファイバ11のD1/S1および分散補償ファイバ12のD2/S2の組み合わせを最適なものにする必要がある。したがって、分散補償率の向上および曲げ損失増加の抑制を考慮し、 $0.8 \times (D0/S0) \leq D1/S1 < D0/S0$ および $D0/S0 < D2/S2 \leq 1.2 \times (D0/S0)$ を満足する分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12を組み合わせる。

#### 【0059】

また、この分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12が直列に接続された構造を有することによって、分散補償モジュール20の分散値Dt [ $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ] および分散スロープSt [ $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ] は、 $Dt \leq -20$  および $0.9 \times (D0/S0) \leq Dt/St \leq 1.1 \times (D0/S0)$ の関係を満足する。

#### 【0060】

図7(b)によれば、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12によって構成されている分散補償モジュール20を用いて伝送用光ファイバ18に累積される分散および分散スロープを補償する場合、波長1550 nmにおける伝送用光ファイバ18の残留分散および残留分散スロープを、それぞれ $-0.175 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、 $-0.0068 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ に抑制可能である。

#### 【0061】

ただし、分散補償モジュール20を構成する分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12は、曲げ損失増加の抑制を考慮し、波長1565 nmにおける

曲げ損失が比較的小さい分散補償ファイバ12から順次ボビン21に巻き付けられていることが望ましい。

#### 【0062】

なお、伝送用光ファイバ18の具体的な適用例としては、1.3  $\mu\text{m}$  零分散シングルモードファイバ、1.5  $\mu\text{m}$  分散シフトシングルモードファイバ、または、1.5  $\mu\text{m}$  非零分散シングルモードファイバが考えられる。

#### 【0063】

上述してきたように、この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュール10は、伝送用光ファイバ18に対して最適化された分散および分散スロープを有する2種類の分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12が直列に融着接続された構造を有することによって、Sバンド、Cバンド、およびLバンドに亘る1460 nm～1625 nmの全波長帯域におけるWDM伝送の伝送路に累積される分散および分散スロープを確実に補償することができ、さらに、補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制することができる。

#### 【0064】

すなわち、分散補償モジュール10を用いて分散補償した光ファイバを伝送路とすることによって、伝送速度が高速化されたWDM伝送を高品質で実現することができる。

#### 【0065】

また、分散補償モジュール10の変形例である分散補償モジュール20は、伝送用光ファイバ18に対して最適化された分散および分散スロープを有する2種類の分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12が直列に融着接続された構造を有しているため、分散補償モジュール10の場合と同様な高性能の分散補償能力を実現することができ、さらに、2種類の分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12が1体のボビン21に巻き付けられた構造を有しているため、その装置規模を一層小型化することができる。

#### 【0066】

また、分散補償モジュール20を構成する分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12を1体のボビン21に巻き付ける場合、所定の信号波長帯域の最

長波長において比較的小さい曲げ損失を有する分散補償ファイバから順次ボビン 21 に巻き付けることによって、分散補償モジュール全体の曲げ損失の増加を抑制することができる。

#### 【0067】

なお、この発明の実施の形態では、異なる分散および分散スロープを有する 2 種類の分散補償ファイバが直列に接続された構造を有する分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、それぞれ異なる分散および分散スロープを有する 3 種類以上の分散補償ファイバが直列に接続された構造を有する分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0068】

また、この発明の実施の形態では、分散補償モジュールを構成する分散補償ファイバ同士が直接融着接続されている場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバ同士がシングルモードファイバまたは分散シフトファイバを中間ファイバとして介在させて融着接続されている分散補償モジュール、あるいは分散補償ファイバ同士がコネクタを介して接続されている分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0069】

さらに、この発明の実施の形態では、分散補償ファイバと伝送用光ファイバがコネクタ接続されている分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバと伝送用光ファイバがシングルモードファイバまたは分散シフトファイバを中間ファイバとして介在させて融着接続されている分散補償モジュール、あるいは分散補償ファイバと伝送用光ファイバが直接融着接続されている分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0070】

また、この発明の実施の形態では、分散補償ファイバがガラス層によって構成されている分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、プラスチック層によって構成された分散補償ファイバを有する分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0071】

また、この発明の実施の形態では、分散補償ファイバ同士を融着接続する部分における保護手段がUV硬化樹脂である分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバ同士を融着接続する部分における保護手段として熱収縮チューブあるいはスリーブを用いた分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0072】

さらに、この発明の実施の形態では、信号波長帯域がCバンドであるWDM伝送用光ファイバに対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、信号波長帯域がSバンドあるいはLバンドであるWDM伝送用光ファイバに対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールに適用することもできる。

#### 【0073】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、異なる波長分散特性を有する2種類以上の分散補償ファイバによって構成される分散補償モジュールにおいて、波長分散特性の組み合わせが伝送用光ファイバに対する分散補償能力を考慮して最適化され、かつ各分散補償ファイバ同士が直列に接続された構成を有するので、伝送用光ファイバに累積される分散および分散スロープを確実に補償し、かつ分散補償後の伝送用光ファイバにおける残留波長分散特性のばらつきを抑制可能である分散補償モジュールを実現できるという効果を奏する。

#### 【0074】

さらに、この発明にかかる分散補償モジュールを1460nm～1625nmの範囲の所定の信号波長帯域におけるWDM伝送の伝送路に接続することによって、この伝送路に残留する波長分散特性のばらつきを抑制できるので、光パルスの符号間干渉による誤動を引き起こす要因である光波形劣化を抑制し、かつ、伝送速度が高速化されたWDM伝送を実現できるという効果を奏する。

#### 【0075】

また、この発明にかかる分散補償モジュールを構成する2種類以上の分散補償ファイバが1体のボビンに巻き付けられることによって、その装置規模を一層小

型化することができ、さらに、所定の信号波長帯域の最長波長において比較的小さい曲げ損失を有する分散補償ファイバから順次ボビンに巻き付けられることによって、分散補償モジュール全体の曲げ損失の増加を抑制することができるという効果を奏する。

#### 【0076】

さらに、この発明にかかる分散補償モジュールを構成する2種類以上の分散補償ファイバの少なくとも1種類は、ラマン増幅媒体としての機能を有するので、1460nm～1625nmの全信号波長帯域のWDM伝送におけるラマン増幅を容易に実現できるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールの全体構成を示す模式図である。

##### 【図2】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールおよびその変形例における分散補償ファイバ同士の接続部の構成を示す縦断面図である。

##### 【図3】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールの変形例の全体構成を示す模式図である。

##### 【図4】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールを構成する第1の分散補償ファイバ、第2の分散補償ファイバ、および伝送用光ファイバの波長分散特性を示す波長対分散の相関図である。

##### 【図5】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールを構成する第1の分散補償ファイバのみを用いて分散補償した後の伝送用光ファイバの波長分散特性および波長分散特性のばらつきを示す波長対分散の相関図である。

##### 【図6】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールを用いて分散補償した後の

伝送用光ファイバの波長分散特性および波長分散特性のばらつきを示す波長対分散の相関図である。

【図 7】

この発明の実施の形態にかかる分散補償モジュールの変形例を構成する第 1 の分散補償ファイバ、第 2 の分散補償ファイバ、および伝送用光ファイバの諸特性を示す図、および分散補償後の伝送用光ファイバに対する波長分散特性のシミュレーション結果を示す図である。

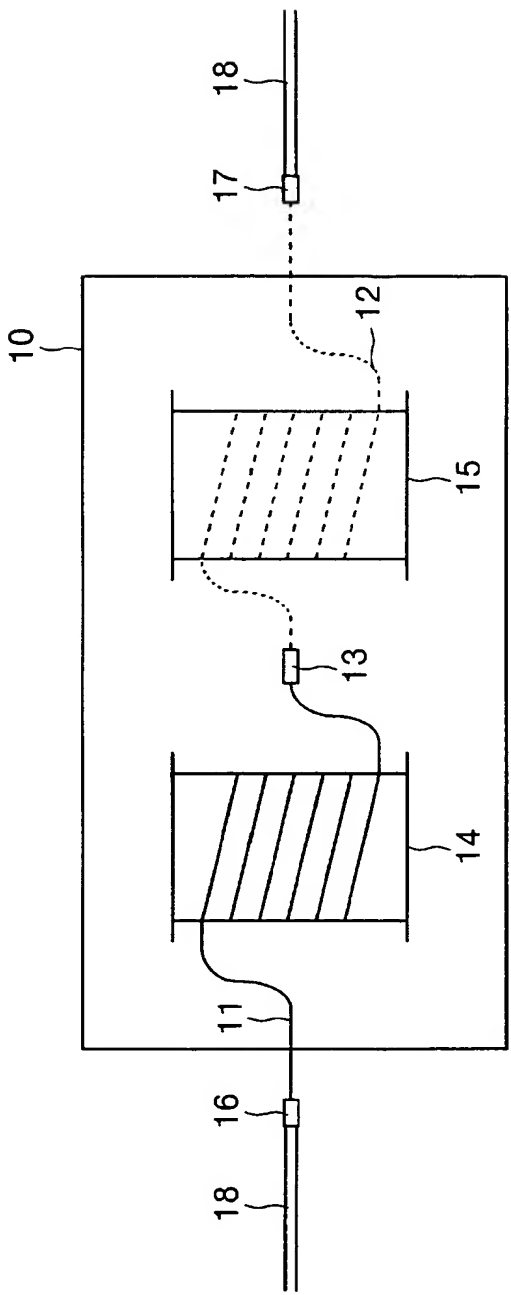
【符号の説明】

10, 20	分散補償モジュール
11, 12	分散補償ファイバ
13, 16, 17	接続部
14, 15, 21	ボビン
18	伝送用光ファイバ
131, 132	ガラス層
133, 134, 135	被覆膜
L1～L5	相関曲線

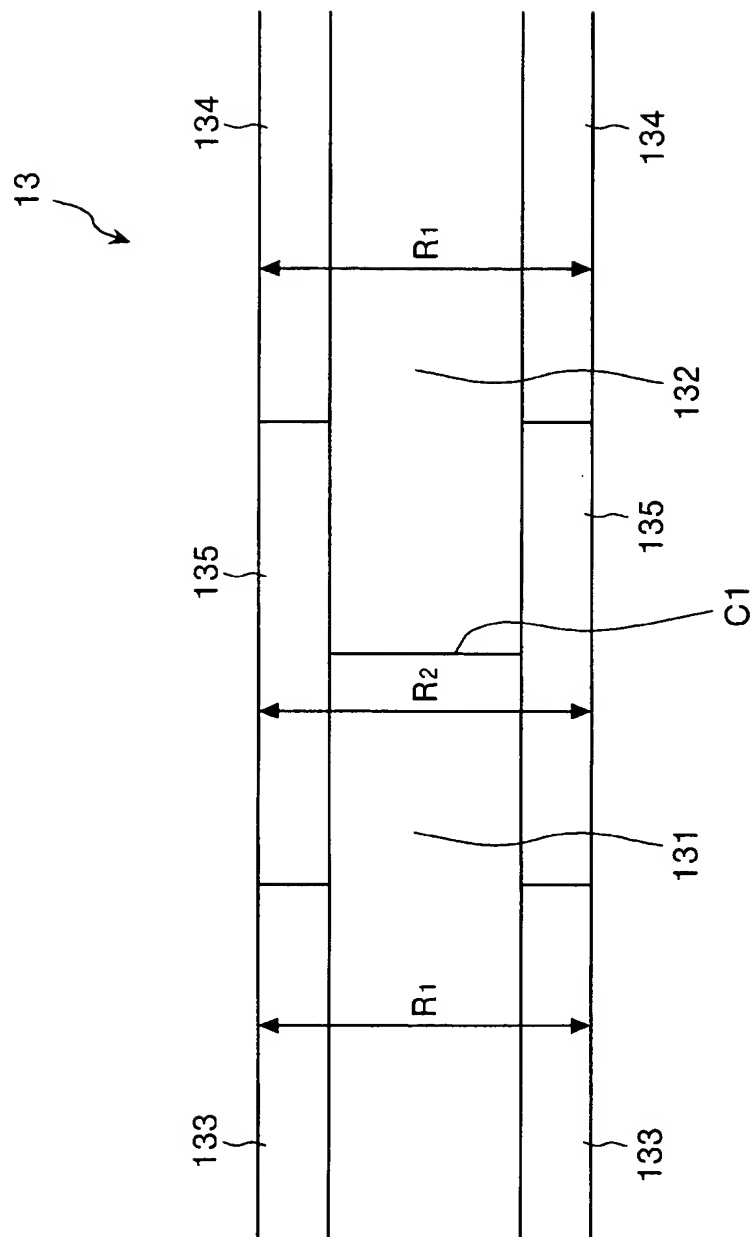
【書類名】

図面

【図 1】

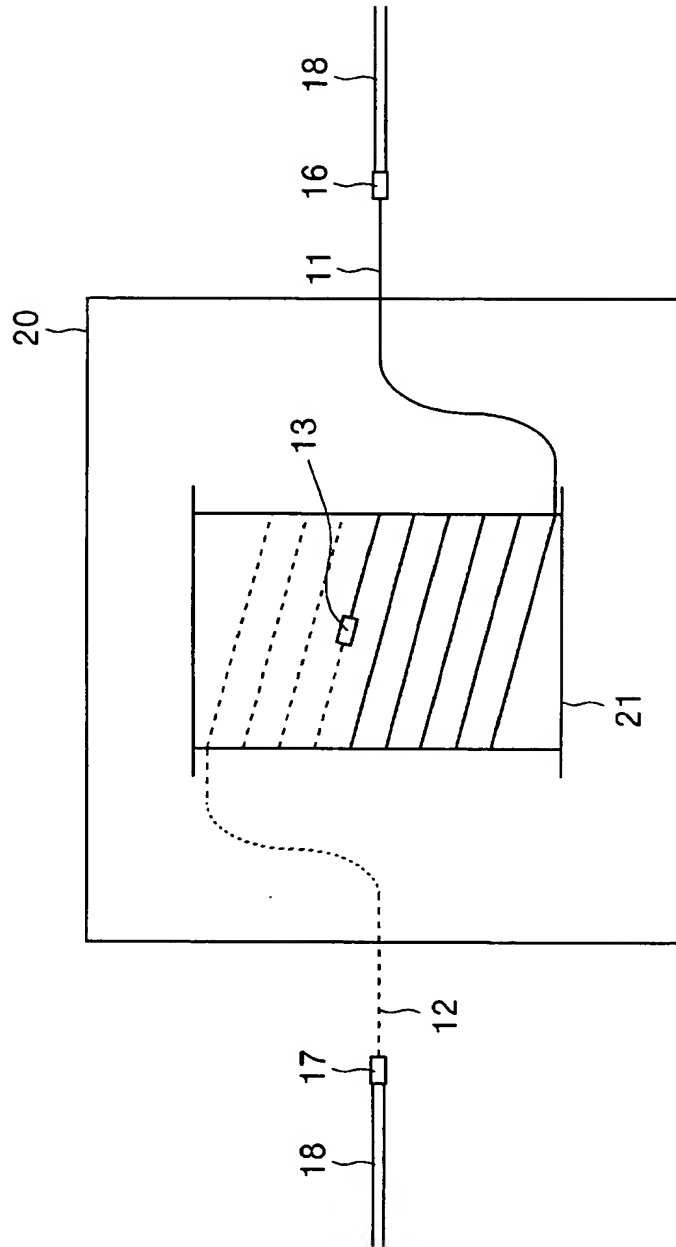


【図 2】

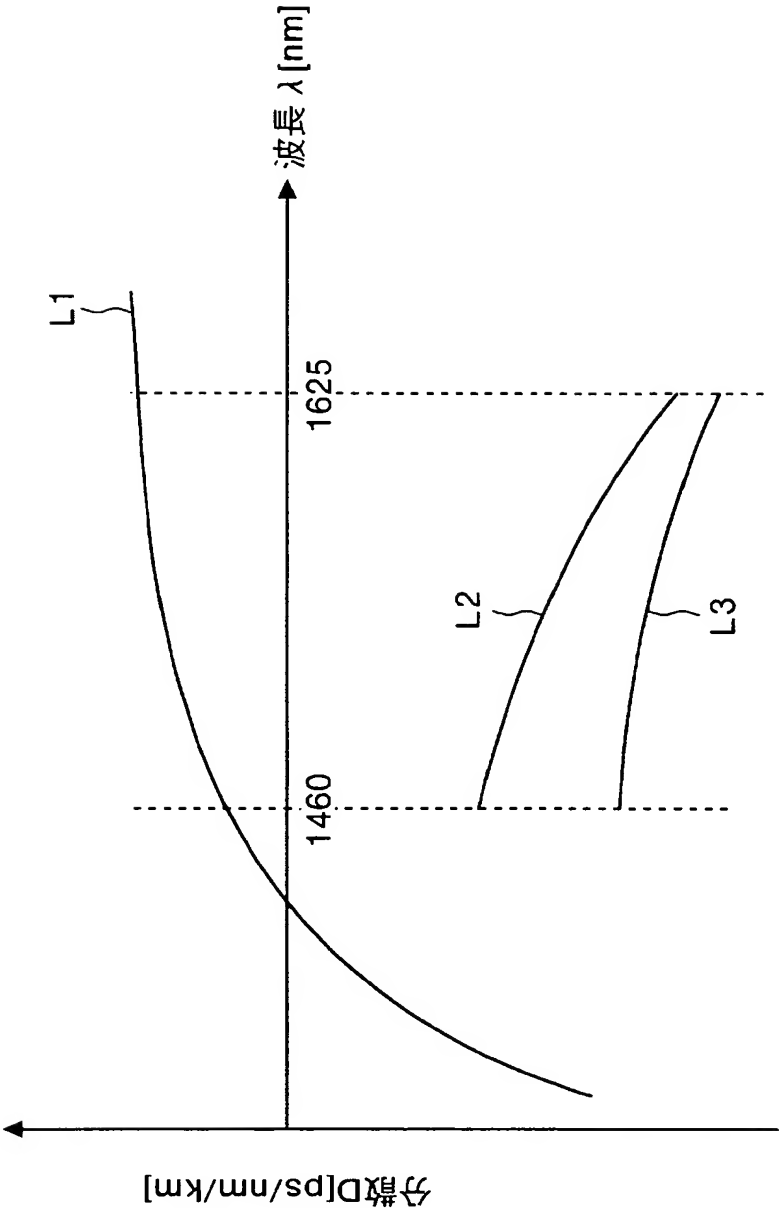




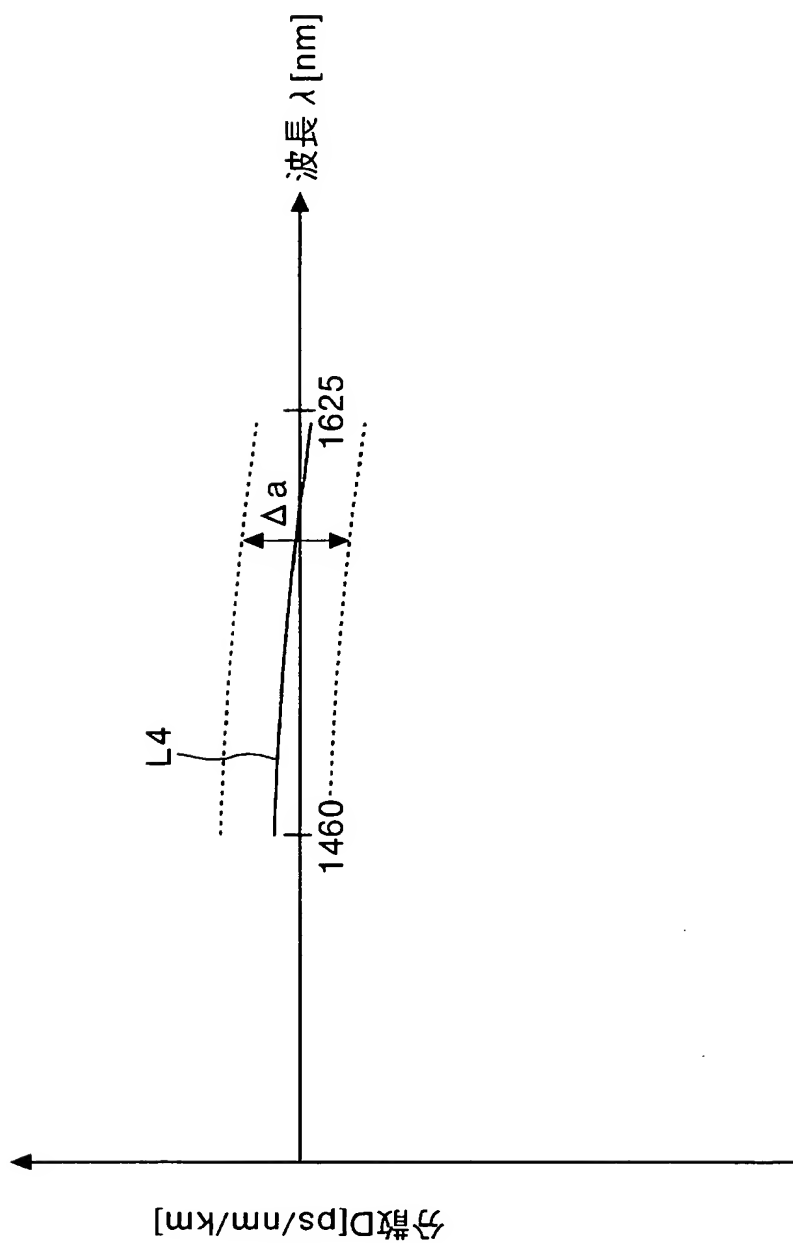
【図 3】



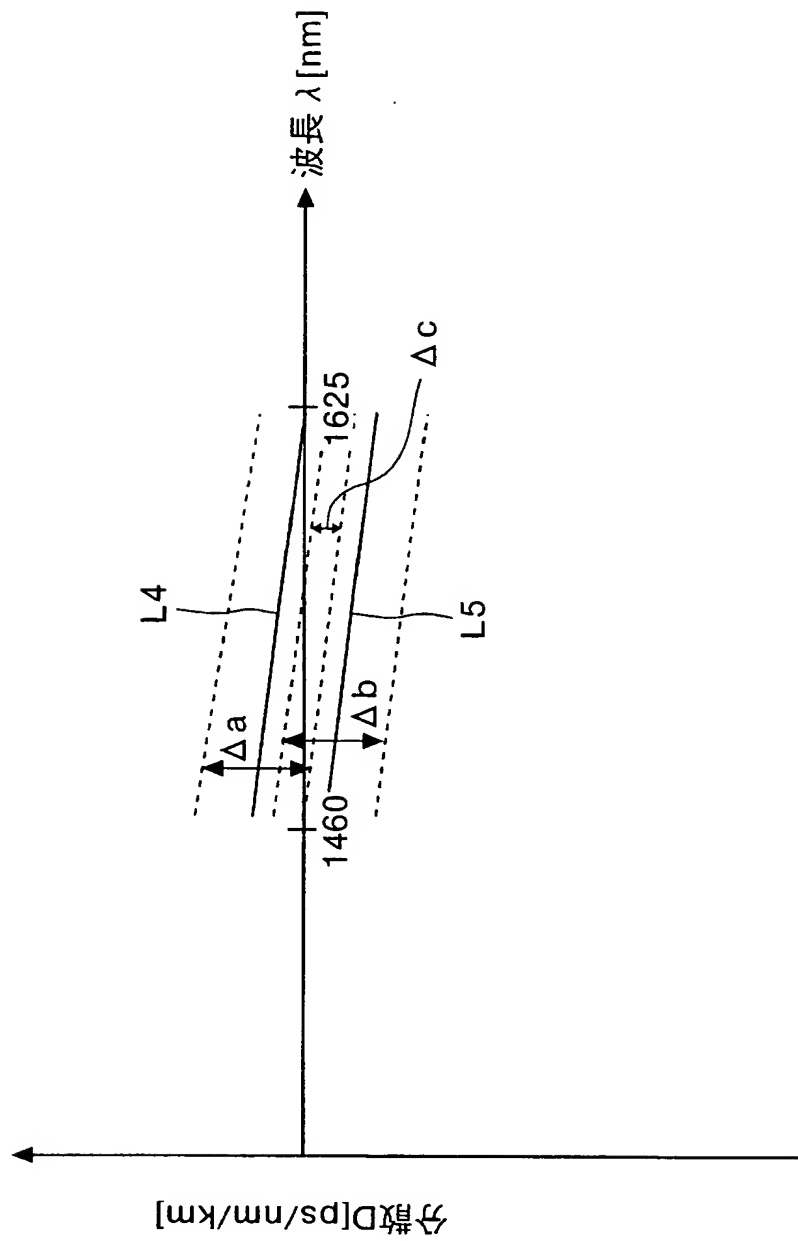
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

(a)

	波長1550nmに おける分散値D [ps/nm/km]	波長1550nmにおける 分散スロープS [ps/nm <sup>2</sup> /km]	波長1550nmにおける 分散のスロープ に対する比D/S	各ファイバの条長 [km]
ファイバ#1	5.0	0.045	111.1	80.0
ファイバ#2	-95.0	-1.00	95.0	3.6
ファイバ#3	-120.0	-0.900	133.3	0.6

(b)

	波長1550nmに おける分散値D [ps/nm/km]	波長1550nmにおける 分散スロープS [ps/nm <sup>2</sup> /km]
評価試験 #1	-0.175	-0.0068

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分散補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制し、高速化されたWDM伝送における伝送路の分散補償を実現すること。

【解決手段】 少なくとも 2 本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、分散値  $D_1$  [ $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ ] および分散スロープ  $S_1$  [ $\text{ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ ] を有する第 1 の分散補償ファイバと、分散値  $D_2$  [ $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ ] および分散スロープ  $S_2$  [ $\text{ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ ] を有する第 2 の分散補償ファイバが直列に接続された構造を有している。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 6 3 2 2 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社